

**משרד החקלאות - דו"ח לתוכניות מחקר  
לקרן המדען הראשי**

<b>קוד זיהוי</b>		<b>א. נושא המחקר (בעברית)</b>	
10 - 0550 - 838		מיצוי במים חמים להערכה מהירה של שינויים בפחמן אורגני וחיזוי זמינות חנקן בקרקעות מושקות קולחין או מיושמות בוצת שפכים מטופלת	
<b>ב. צוות החוקרים</b>			
<b>שם פרטי</b>		<b>שם משפחה</b>	
אבי		שביב	
<b>חוקר ראשי</b>			
<b>ג. כללי</b>			
מוסד מחקר של החוקר הראשי			
הנדסה אזרחית וסביבתית טכניון			
<b>סוג הדו"ח</b>		<b>תאריכים</b>	
סופי		תקופת המחקר עבורה מוגש הדו"ח	
		תאריך משלוח הדו"ח למקורות המימון	
		תאריך חודש שנה	
		11 / 2008	
		11 / 2011	
		11 / 2012	
<b>ד. מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח</b>			
<b>שם מקור המימון</b>		<b>קוד מקור מימון</b>	
משרד החקלאות - מדען ראשי		255.000	
<b>סכום שאושר למחקר בשנת תיקצוב הדו"ח בשקלים</b>			

**ה. תקציר שים לב - על התקציר להיכתב בעברית לפי סעיף ה' שבהנחיות לכתיבת דיווחים**

המחקר מציע פיתוח שיטה מהירה להערכת שינויים בפחמן אורגני, צורני חנקן למיניהם על בסיס מיצוי קרקעות שונות במים חמים. בשנה הראשונה הראנו, על בסיס מדגם מצומם, שהשילוב של מדידות ספקטרוסקופיות נשירות על בסיס מדידות FTIR ופולורסצנציה ועיבוד אותות מתקדם יכול לאפשר חילוף מהיר של המידע על בסיס מדידות ישירות. תהליך הפיתוח והגיבוש התבסס גם על איתור קשר לתוצאות של שיטות מקובלות אבל מורכבות ודורשות זמן רב יותר כמו בדיקות מינרליזציה וומדידות ספקטרומים על דוגמאות שעברו טיפול והכנה מיוחדת. הרעיון היה לפתח כלים וגישות שיתבססו על קורלציות בין מדדים כימיים על בסיס השיטות המהירות והמיצוי במים חמים והשוואתן לשיטות מקובלות שהן איטיות ומורכבות יותר ויספק מודלים פשוטים לתאור קצב מינרליזציה. בשנה השנייה והשלישית לפרוייקט התמקדנו ב-34 דיגומי קרקע שונות נוספות שנלקחו מ-12 אתרים שונים לאורך כל הארץ בהם יש ניסויים של גידול אבוקדו/הדרים או גידולי שדה תחת השקיה בקולחין/שפירים או ניסויים בהם יש גם מרכיב של דישון אורגני/חקלאות אורגנית. בחלק מהמקרים יש שלוב של קולחין וזבול אורגני. הדגש בשלב העבודה בשנתיים אלו זו הווש על השוואת תוצאות מיצוי מימי רגיל, למיצוי במים חמים וכן לניסויי מינרליזציה והרחבתו גם לבדיקת ניטרופיקציה פוטנציאלית ובחינת יכולת החיזוי של בדיקות פשוטות במים חמים לגבי התהליכים. התוצאות מלמדות שניתן לקבל קורלציות טובות בין פרמטרים כמו TOC או TN שמתקבלים במים חמים ובין קבוע קצב המינרליזציה שמתקבל בקרקעות השונות עם מקדמי קורלציה ( $R^2$ ) גבוהים בטווח שבין 0.84 ל-0.89 לפי סוג הבדיקה. חיזוי קצב הניטרופיקציה הפוטנציאלית נראה הרבה יותר בעייתי ולא נתקבלו קורלציות משביעות רצון מול אותם פרמטרים (TOC, TN, ואחרים) וזאת בשל מורכבות התהליך והתלויות השונות של חיידקי החימצון בפרמטרים כמו אספקת חמצן סדירה, פעילות מיקרוביאלית ותלויותיה הרבות. בחינת ספקטרומי ערעור-פליטה EEM על סט הקרקעות המוגדל בשנה השלישית, הראתה הבדל מהותי בין הקרקעות עשירות החומר האורגני (זבול, ממשק חקלאות אורגנית) ובין שאר הקרקעות. שלושת המרכיבים הקלסיים של הספקטרום שמציינים חומר הומי, פולבי וחלבוני נראים מוסטים בקרקעות האורגניות ביחס לשאר הקרקעות. הגענו למסקנה שהן צריכות להיות מוערכות כסט נפרד! הקורלציות שתקבלו עבור סט של 26 דגימות הקרקע תחת משטרי דישון והשקיה רגילים היו עם מקדמי קורלציה טובים יותר למינרליזציה (0.8) בהשוואה לסט שכלל את כל הקרקעות (0.6). יתרה מזו, התקבלו קורלציות טובות גם עבור ניטרופיקציה פוטנציאלית בסט שלא הכליל הקרקעות האורגניות: מקדם של 0.69 בין קצב התהליך ומרכיב 2 (פולבי) בספקטרום ומקדם 0.81 לקורלציה עם מרכיב 3 (החלבוני)! העבודה הראתה פוטנציאל גבוה לשיפור חיזוי קצב תהליכי מינרליזציה וניטרופיקציה בקרקעות בעזרת מיצוי מים חמים ויתרון יותר גדול בשימוש נכון בספקטרוסקופיית ערעור-פליטה EEM.

**1. אישורים**

הנני מאשר שקראתי את ההנחיות להגשת דיווחים לקרן המדען הראשי והדו"ח המצ"ב מוגש לפיהן

חוקר ראשי \_\_\_\_\_ מנהל המחלקה \_\_\_\_\_ מנהל המכון (פקולטה) \_\_\_\_\_ אמרכלות (רשות המחקר) \_\_\_\_\_



31-07-2012

מיצוי במים חמים להערכה מהירה של שינויים בפחמן אורגאני וחיזוי זמינות חנקן  
 בקרקעות מושקות קולחין או מיושמות בוצת שפכים מטופלת  
 דוח לפרוייקט 838-0550-10  
 מוגש למדען משרד חקלאות

אבי שביב - הנדסה אזרחית וסביבתית, טכניון-חיפה  
 דרור מינץ - המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה- מרכז וולקני, בית דגן  
 רפי לינקר - הנדסה אזרחית וסביבתית, טכניון-חיפה

Avi Shaviv, Faculty of Civil and Env Engineering, Technion-IIT, Haifa 32000

[agshaviv@tx.technion.ac.il](mailto:agshaviv@tx.technion.ac.il)

Dror Monitz, Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Volcani Center; P.O.B. 6,  
 Bet-Dagan, 50250 Israel

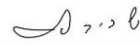
[minz@volcani.agri.gov.il](mailto:minz@volcani.agri.gov.il)

Raphael Linker, Faculty of Civil and Env Engineering, Technion-IIT, Haifa 32000

[linkerr@techunix.technion.ac.il](mailto:linkerr@techunix.technion.ac.il)

דוח סופי יולי 2012

הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים



חתימת החוקר

\*

רשימת פרסומים

טרם הוצאו פרסומים רשמיים

תוצאות מתמשכות של סקר הקולחין הארצי מלמדות על הצטברות גבוהה של חנקן מינרלי בקרקעות תחת השקיה בקולחין ונדרש שיפור משמעותי בניהול ממשק הדישון בהן וגם בקרקעות בהן מיושמות בוצות שפכים מטופלות. יישום ידידותי סביבה של חנקן שמקורו ביישום שפכים, בוצות וקולחין בחקלאות רחוק מלהניח הדעת ותלוי במידע כמותי אמין לגבי זמינות חנקן ממקורות שונים ויחסי הגומלין של מקורות אלו עם קרקע, גידולים ואקלים. המחקר מציע פיתוח שיטה מהירה להערכת שינויים בפחמן אורגני, צורוני חנקן למיניהם ופעילות מיקרוביאלית על בסיס מיצוי קרקעות שונות במים חמים. בשנה הראשונה הראנו, על בסיס מדגם קרקעות מצומם יחסית, שהשלב של מדידות ספטרסקופיות ישירות על בסיס מדידות FTIR ופלורסצנציה ועיבוד אותות מתקדם יכול לאפשר חילוץ מהיר של המידע על בסיס מדידות ישירות. תהליך הפיתוח והגיבוש התבסס גם על איתור קשר לתוצאות של שיטות מקובלות אבל מורכבות ודורשות זמן רב יותר כמו בדיקות מינרליזציה, רספירציה ומדידות ספקטרומים על דוגמאות שעברו טיפול והכנה מיוחדת (ייבוש/טחינה). הרעיון היה לפתח כלים וגישות שיתבססו על קורלציות בין מדדים כימיים על בסיס השיטות המהירות והמיצוי במים חמים והשוואתן לשיטות מקובלות שהן איטיות ומורכבות יותר ויספק מודלים פשוטים לתאור קצב מינרליזציה ואולי אף קצב ניטרופיקציה פוטנציאלית בקרקעות שונות ככלי לשיפור ממשק הדישון החנקני בהן.

בשנה השנייה והשלישית לפרוייקט התמקדנו ב-34 דיגומי קרקע שונות נוספות שנלקחו מ-12 אתרים שונים לאורך כל הארץ בהם יש ניסויים של גידול אבוקדו/הדרים או גידולי שדה תחת השקיה בקולחין/שפירים או ניסויים בהם יש גם מרכיב של דישון אורגני/חקלאות אורגנית. בחלק מהמקרים יש שלוב של קולחין וזבול אורגני. הדגש בשלב העבודה בשנתיים אלו זו הושם על השוואת תוצאות מיצוי מימי רגיל, למיצוי במים חמים וכן לניסויי מינרליזציה והרחבנו גם לבדיקת ניטרופיקציה פוטנציאלית ובחינת יכולת החיזוי של בדיקות פשוטות במים חמים לגבי מינרליזציה וניטרופיקציה פוטנציאלית בקרקעות הנבדקות. התוצאות מלמדות שניתן לקבל קורלציות טובות בין פרמטרים שקל יחסית לקבלם כמו TOC או TN שמתקבלים במים חמים ובין קבוע קצב המינרליזציה או סך כל המינרליזציה שמתקבלת בקרקעות השונות עם מקדמי קורלציה ( $R^2$ ) גבוהים בטווח שבין 0.84 ל-0.89 לפי סוג הבדיקה. בסט המורחב יותר שנבדק לא נמצאו הבדלים בקצבי מינרליזציה בין קרקעות קולחין או שפירים אבל נמצא בברור שהקצב גבוה משמעותית בקרקעות שמתופלות בחומר אורגני או תחת משטר גידול אורגני בעוד שקרקעות הבור שבצידי הדרך היו עם ערכי מינרליזציה הרבה יותר נמוכים! חיזוי קצב הניטרופיקציה הפוטנציאלית נראה הרבה יותר בעייתי ולא נתקבלו קורלציות משביעות רצון מול אותם פרמטרים (TOC, TN, ואחרים) וזאת בשל מורכבות התהליך והתלויות השונות של חיידקי החימצון בפרמטרים כמו אספקת חמצן סדירה, פעילות מיקרוביאלית ותלויותיה הרבות.

בחינת ספקטרומי ערעור-פליטה – EEM על סט הקרקעות המוגדל בשנה השלישית, לימדה אותנו שיש הבדל מהותי בין הקרקעות עשירות החומר האורגני (זבול, ממשק חקלאות אורגנית) ובין שאר הקרקעות. שלושת המרכיבים הקלסיים של הספקטרום שמציניים חומר הומי, פולבי וחלבוני נראים מוסטים בקרקעות האורגניות ביחס לשאר הקרקעות. ועל כן הגענו למסקנה שהן צריכות להיות מוערכות כסט נפרד! ואכן הקורלציות שתקבלו עבור סט של 26 דיגומות הקרקע תחת משטרי דישון והשקיה רגילים היו עם מקדמי קורלציה טובים יותר למינרליזציה (0.8) בהשוואה לסט שכלל את כל הקרקעות (0.6). יתרה מזו, התקבלו קורלציות טובות גם עבור ניטרופיקציה פוטנציאלית בסט שלא הכליל הקרקעות האורגניות: מקדם של 0.69 בין קצב התהליך ומרכיב 2 (פולבי) בספקטרום ומקדם 0.81 לקורלציה עם מרכיב 3 (החלבוני)!! העבודה הראתה פוטנציאל גבוה מאד של שיפור חיזוי קצבי תהליכי מינרליזציה (נטו) בקרקעות שונות בעזרת מיצוי במים חמים ויצירת קשר לפרמטרים מדידים בקלות כמו TOC או TN ויתרון עוד יותר גדול ע"י שימוש נבון בספטרסקופיית ערעור-פליטה – EEM. על בסיס ממצאים אלו ברור לנו שיש מקום להרחיב העבודה לניסויי שדה ובדיקות במהל העונה וכן להרחיב לא רק השוואה לבדיקות מינרליזציה סטנדרטיות (שמודדות קצבי נטו) אלא למדידות מינרליזציה וניטרופיקציה "ברוטו" (gross rate) מודדות הקצבים האמתיים במערכת ומהוות מדד יותר אמין לפעילות המיקרוביאלית בקרקע.

## שיטות עבודה ומערך הניסויים

### קרקעות:

**לשנת המחקר הראשונה** נבחרו 5 קרקעות מאזורים מצייגים של חקלאות ישראל- גרומוסלים, קרקע בזלתית, לס, חמרה, קרקעות לכיש. בכלם נדגמו קרקעות חקלאיות שהשוקו במים שפירים ובהשוואה להם קרקעות שהושקו בקולחין (בעיקר שניוניים) בחלק המיקרים נדגמו גם קרקעות משולי השדה שהיה ברור שלא נחשפו לפעיות חקלאית. להלן תאור מקוצר של הקרקעות.

**קרקעות גרומוסול + חמרה מניסוי לימזטרים בטכניון :**

קרקעות הגרומוסול (במקור מחוות ניסיונות עכו) והחמרה (במקור מפרדס חנה) נלקחו מניסוי ליזימטרים ארוך-טווח שהתקיים במשך 7 שנים בעכו ובטכניון. הליזימטרים שנדגמו הושקו במשך-כ- 10 עונות גידול במים שפירים או בקולחין שניוניים. כמו-כן, בקרקעות החמרה נדגמו ליזימטרים בהם לא גודלו צמחים כלל, בהם נערכה חזרה אחת בלבד עבור כל סוג מי השקיה (קולחין מול שפירים). בליזימטרים גודלו גידולים דגניים (תירס וזון) במשך הקיץ (יולי-אוקטובר).

**קרקע בזלתית – ניסוי בטיחה :**

המיקום - מטע מנגו בחלקה הצפון-מזרחי של הכנרת. במטע נערך ניסוי השוואתי בין השקיה בקולחין לבין מים שפירים מזה כ-10 שנים. הדגימות נלקחו מתחת לטפטפות בין העצים, מפני הקרקע (לאחר הסרת שכבת החיפוי שעל פני הקרקע). כמו-כן, נלקחה דוגמת ביקורת בקצה המטע מקרקע שלא עברה טיפול כלל (לא גודל בה דבר וכן לא קיבלה דשן והשקיה).

**קרקע לס – ערד :**

המיקום - בית רשת לגידול פלפלים (לשעבר עגבניות) בבקעת ערד. בעבר גודלו בשטח זה גידולי פלחה שהושקו במים שפירים, אך גם בקולחין (בעבר הרחוק יותר). במשך כשלוש שנים מתקיים ניסוי השוואתי בין השקיה בקולחין לבין השקיה במים שפירים ברמות מליחות שונות במתכונת בלוקים באקראי.

**קרקע לכיש :**

המיקום – שתי חלקות ניסוי של חוות ניסיונות לכיש.

בחלקת הכרם מתבצע מזה כ-7 שנים ניסוי השוואתי בין השקיה במים שפירים להשקיה במי קולחין - עם תוספת דשן וללא תוספת דשן, ברמות השקיה שונות. בטיפול הקולחין שכלל תוספת דשן, ניתנה מנת דשן זהה לזו שניתנה בטיפול השפירים ואילו בטיפול הקולחין ללא תוספת דשן ניתנה מנת דשן פחותה, מכיוון שנלקחו בחשבון ריכוזי הצורונים המינרליים הקיימים בקולחין.

**עבור שנת הפרויקט השנייה והשלישית** הורחבה העבודה לחתך מייצג ורחב יותר של 34 מדגמים מקרקעות שנדגמו מצפון לדרום וגם בהם בוצעו סדרות של מיצויים במים קרים ומים חמים. גם כאן הוקפד שהקרקעות תייצגנה במיקום נתון לפחות קרקע חקלאית אחת מושקית שפירים ואחת מושקית קולחין (בד"כ שניוני). בחלק המקרים הושקו קרקעות ביקורת (בצידי השדה וללא עיבודים) ובחלק מהמקרים נדגמו באותו שדה קרקעות שקיבלו זיבול אורגני, (קומפוסט, זבל) או כאלו שטופלו בשיגרה של חקלאות אורגנית. המיצויים בשנה שנייה והשלישית על קרקעות שנדגמו בתקופת החורף - דצמבר 2009 – ינואר 2010! טבלה 1 מציגה תכונות עיקריות של הקרקעות הללו. במיצויי המים נבדקו פרמטרים חשובים לאפיון מצב החומר האורגני (Nt, TOC), ולאפיון צורוני החנקן (אמון, חנקה, חנקית, Nt). לאלו נוספו גם מיצויים משלימים באשלגן כלורי. כמו כן בוצעו עבור הקרקעות ניסויי איפיון קצב מינרליזציה בתנאים אופטימליים להשוותם לפרמטרים קלסיים הנמדדים במיצוי. בנוסף, למה שבוצע בשנה ראשונה הוספו לסט זה גם בדיקות ניטריפקציה פוטנציאלית לבחון האם קיימת קורלציה בין מדד זה לבין המדדים שנבדקים במיצוי המים החמים. וגם כאן בוצעו מדידות פלורסצנציה (מערכת EEM) למיצויים עלמנת לנסות לקשר בין מאפיינים ספקטראליים למאפייני החנקן או הפחמן שהתקבלו במיצוי או בניסוי מינרליזציה

### **מערך הניסויים כלל:**

#### **מיצויים במים קרים וחמים**

לכל הקרקעות בוצע קודם מיצוי במים קרים ועל אותו מדגם בוצע מיצוי עוקב במים חמים. המיצויים בוצעו על פי העקרונות שב Curtin 2006 , Ghani, 2003 . לאחר המיצוי במים חמים בוצע מיצוי ב KCL. להלן תאור המיצויים :

**מיצוי במים קרים :**

דוגמאות של 5 קרקע הועברו למבחנות צנטריפוגה מפוליפרופילן בנפח 50 מ"ל ולהן הוסף נפח של 35 מ"ל תמיסת  $0.01M CaCl_2$ . המבחנות הוכנסו לטלטול במטלטלת למשך כ-1/2 שעה. בתום הטלטול, נשקלו

**טבלה 1:** מאפייני 34 קרקעות הבדיקה: אמון וחנקן במיצי אשלגן כחורי, EC ו pH במיצי מיימי, % גיר ותכולת פחמן C בבדיקת ביכרומאט. לכל קרקע השתדלנו לדגום בין 2 ל 5 טיפולים שונים.

% גיר	C(K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) mg/g	N-NO <sub>3</sub> -KCl mgN/kg בקרקע	N-NH <sub>4</sub> -KCl mgN/kg בקרקע	EC ds/m	pH	תאור הקרקעות
1.2	32.8	16.2	4.9	0.37	7.85	1 בזלתי בטחה שפירים
1.4	31.8	14.2	5.4	0.34	7.71	2 "-----" קולחין
0.3	12.1	4.4	3.9	0.19	7.60	3 "-----" ללא דישון
1.8	16.5	5.0	4.1	0.24	7.40	4 גרומוסול עכו שפירים
1.4	14.9	8.4	4.8	0.35	7.32	5 "-----" קולחין
0.3	9.0	4.8	3.4	0.19	7.76	6 "-----" ללא דישון
2.4	35.9	14.8	5.4	0.27	7.47	7 טרה רוסה געתון שפירים
18.8	111.0	32.5	6.0	0.58	7.59	8 "-----" קולחין+זיבול
9.3	109.3	22.7	11.5	0.43	7.88	9 "-----" שפירים+קומפוסט
19.7	10.2	13.7	4.0	0.34	7.78	10 חרסיתי לכיש שפירים תכ 0.4
18.2	10.7	12.9	3.7	0.40	7.89	11 שפירים תכ 0.8
16.3	9.7	12.0	3.8	0.47	7.73	12 קולחין תכו 0.4
15.4	10.0	14.3	3.3	0.47	7.64	13 קולחין תכו 0.8
10.3	10.0	5.3	3.8	0.38	7.82	14 ללא דישון
11.6	9.3	11.0	4.5	0.40	7.74	15 לס נחל עוז קולחין
10.8	8.9	13.0	4.7	0.55	7.87	16 שופדן
11.3	9.7	29.5	4.7	0.72	7.78	17 מליחים
13.0	10.1	41.2	3.6	0.62	7.63	18 ללא דישון
1.5	1.5	13.2	3.2	0.87	7.68	19 חולית צאלים שפירים
1.5	6.1	85.3	6.0	0.74	7.53	20 אורגני
0.8	6.1	29.2	2.8	0.41	6.75	21 פרדס
14.4	67.8	13.0	5.1	2.58	7.53	22 אורגני החולה כבול
9.3	29.6	7.6	7.9	0.41	7.94	23 גרומוסול דן-אורגני מטע
16.2		13.0	5.9	0.44	7.97	24 דפנה דישון רגיל
0.2	13.3	5.3	4.3	0.35	7.89	25 טרה רוסה ראש פינה שפירים
0.7	10.4	5.2	4.6	0.36	7.67	26 ראש פינה קולחין
2.0	6.5	41.0	3.2	0.48	7.20	27 חמרה המעפיל קולחין
0.0	11.0	4.1	3.6	0.26	7.50	28 שפירים
0.00	2.33	4.31	3.12	0.28	7.49	29 בור
0.25	5.48	27.85	3.38	0.35	7.36	30 חמרה ביקורת ללא דישון
0.07	37.87	4.88	3.31	0.20	7.26	31 אבוקדו אורגני+קולחין
0.66	8.37	4.09	3.49	0.33	7.45	32 אבוקדו קולחין
0.08	5.29	5.74	3.50	0.35	7.37	33 גידולי שדה דישון רגיל
0.07	4.18	4.40	3.50	1.01	7.65	34 גידולי שדה זיבול אורגני

המבחנות, והועברו לצנטריפוגה. לאחריה הועברו התמיסות (ללא הקרקע בתחתית) לסינון נוסף במסנן Millipore 0.45µm. המיצי נשמר בבקבוקונים נפרדים לקביעת TOC, TN וריכוז צורוני חנקן (אמון חנקה, חנקית) וכן עבור בדיקות EEM בספקטורופלורומטר. לאחר הסינון נשקלו המבחנות עם הקרקע ושאריות תמיסה לקביעת כמות התמיסה שנותרה לפני המיצי במים חמים.

**מיצוי במים חמים:**

המבחנות ששימשו למיצוי במים קרים והקרקע שבהן נשקלו והוכנסו אליהם בשנית 35 מ"ל תמיסת  $CaCl_2$  0.01M. המבחנות טולטלו והוכנסו לאמבט מחומם מראש לטמפרטורה של 80 מעלות צלסיוס. זמן החימום היה כ-16 שעות. בסיומו הוצאו המבחנות ועורבבו היטב באמצעות וורטקס. לאחר-מכן, נשקלו המבחנות, לקביעת הכמות המדויקת של המים במיצי והכנסתן המאוזנת לצנטריפוגה. תהליך הצנטריפוגציה והסינון

היה זהה לתהליך במיצי במים קרים. גם כאן, לאחר סיום תהליך הסינון, נשקלו המבחנות עם הקרקע ושאריות תמיסה וזאת לצורך לקביעת כמות התמיסה שנותרה לפני המיצי ב-KCl.

#### מיצי ב-KCl:

המיצי ב-KCl נועד כדי למצות את האמון הספוח בקרקע. המיצי מתבצע פעמיים במהלך הניסוי: א. מיצי בקרקע היבשה (לפני מיצויים בכלל) – לקביעת ריכוז סך האמון בקרקע. הכנת המבחנות דומה להכנתן למיצי במים קרים מלבד העובדה כי התמיסה המוכנסת היא תמיסת KCl 1M. המבחנות הוכנסו לטלטול במטלטלת למשך כשעה. בתום הטלטול נשקלו המבחנות. ב. לאחר המיצי במים חמים - חלק זה נעשה לצורך הערכת ריכוז האמון שעבר הידרוליזה בעת החימום. על המבחנות ששימשו למיצי במים חמים ונשקלו, הוכנסו 35 מ"ל תמיסת KCl 1M. המשך התהליך הוא כפי שמתואר לגבי הקרקע היבשה.

#### ניסוי מינרליזציה:

הבדיקה נערכה בשיטה הסטנדרטית למדידת מינרליזציה בתנאים אירוביים (Curtin and McCallum, 2004, Jones et al. 2004). דוגמאות קרקע במשקל 100 גרם הוכנסו לצנצנות זכוכית והורטבו במים מזוקקים לתכולת רטיבות של קיבול שדה. עבור כל טיפול בקרקע מסוימת נערכו שלוש חזרות. הצנצנות כוסו בפאראפילם מחורר למניעת התאדות מים משמעותית במהלך הניסוי מחד ומאידך לאפשר תנאי אוורור נאותים. הקרקעות הודגרו באינקובטור בטמפרטורה קבועה של 30 מעלות דגימות במשקל 5 גרם (משקל רטוב) נלקחו כל מספר ימים. הפרמטרים שנבדקו הם ריכוזי חנקן מינרלי - חנקה, אמון, חנקית, באמצעות מיצי בתמיסת KCl 1M ביחס של 1:10 וטלטול למשך שעה בצנצנות פלסטיק. הניסוי נמשך כ-5 שבועות. מעקב אחר השינויים בריכוזי הצורונים השונים של החנקן יכול לספק לנו מידע משמעותי על קצב התהליך וכמות החנקן שעובר מינרליזציה וכן מדד לתהליך הניטריפיקציה. לצורך מתן ביטוי כמותי לקצב המינרליזציה נבחר מודל הלוגריתמי, שמשמעותו שינוי בריכוז החנקן שעבר מינרליזציה ( $\ln(t)$ ) וזאת משום שמוא פשוט ומתאים היטב לרוב הטיפולים בקרקעות השונות. בהתאם, קצב צבירת החנקן המינרלי במשך הזמן הותאם למשוואה:

$$N_{\min}(t_{\text{days}}) = a * \ln(t) + b \quad (\text{משוואה 1})$$

אשר  $a$  ו-  $N_{\min}$  עומדים עבור קבוע מאפיין קצב המינרליזציה, ו-  $b$  החנקן שעבר מינרליזציה בתום האינקובציה. עבור מדדים מייצגים אלו ייעשה ניסיון לבחון קשר למדדי המיצי (מים קרים ו/או חמים) ומדדי הבאיפיון בפלורסצנציה.

לגבי דוגמאות השנה השנייה בוצע גם הערכה של מינרליזציה שחלה בשלושת הימים הראשונים להדגרה!

#### מדידות ניטריפיקציה פוטנציאלית:

השיטות המקובלות לשם הערכת הפוטנציאל של הניטריפיקציה מתבצעות בתנאים אופטימליים ולמשך זמן קצר יחסית שבו עדיין אין גידול של חיידקים. ניטריפיקציה פוטנציאלית מתבססת על הדגרה של דוגמת קרקע מורחפת בתמיסת בופר לשמירה על pH קבוע ואופטימלי ומוזן בתמיסת  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  בריכוז עודף (כך שלא יהווה גורם מגביל) בזמן התחלתי. התרחיף מטולטל בבקבוק ארלנמייר על מנת לאפשר כניסה של חמצן למערכת. במהלך ההדגרה נעשה מעקב אחר הצטברות ניטריט וניטראט עם הזמן, והקצבים נקבעים מתוך גרסיה ליניארית של ריכוז כנגד הזמן (Bollmann, 2006). בחלק מהמקרים הוסף מעכב ניטריפיקציה ATU לבחון מידת העיכוב של תהליך חימצון אמוניה ע"י מחמצנים אוטורופיים (Taylor et al., 2010).

#### מדידת מערכי עירור-פליטה בפלורסנציה (EEM – Excitation-Emission Matrix):

המיצויים שנלקחו לבדיקה מיצויים מים קרים וחמים, ששימשו גם עבור מדידת צורוני החנקן (לא הוחמצו). שימוש גם למדידות במכשיר פלורומטר. המכשיר מודד את עוצמת הפליטה בכל צמד אורכי גל נתון. נבחרו מרווחים של 5nm בין אורכי הגל לעירור ופליטה, כאשר טווח אורכי הגל לעירור היה: 240-450nm וטווח אורכי הגל לפליטה: 298-548nm, כך שלא נוצר מצב של התאמה מוחלטת בין אורך הגל לעירור ולפליטה. המרווח דרכו עברה קרן האור (slit) היה 1nm. נערכו 3 חזרות עבור כל טיפול.

על מערכי תוצאות הספקטרומים בוצעו ניתוח הנתונים באמצעות מודל N-PLS (Multi-linear Partial Least Squares, Bro, 1996). לשם ניתוח הנתונים במודל זה היה צורך גם בהזנת ערכי ה-TOC, TN ו-TON עבור מיצויי המים הקרים והחמים בנפרד, המתאימים עבור כל דוגמא ודוגמא, כערכי ייחוס עבורם בודקים קורלציות ולחץ עבורם מרכיבים רלוונטיים מהספקטרום, על-מנת לאפשר חיזוי מדויק ככל האפשר

של מרכיבים אלו. 75% מהנתונים שימשו עבור הכיול (calibration) ו-25% מהנתונים שימשו עבור אימות הכיול (validation).

## תוצאות

### 1. מיצויים מים קרים וחמים על מדגמי שנה ראשונה והקורלציות שמתקבלות מהם

טבלה מספר 2 מציגה תוצאות אופייניות שמסכמות של מיצויי המים הקרים והחמים שהתקבלו עבור הקרקעות שנדמו לשנת ראשונה. בטבלה ניתן להבחין במספר נקודות עיקריות הקשורות למיצויי הקרקעות ולהבדלים בין קרקעות מושקות קולחין ומים שפירים:

- במיצוי המים החמים מתקבלים ריכוזים גבוהים יותר של  $TOC$  (פי 2-2.5 לערך) ו- $TON$  (פי 3.5-7 לערך) מאשר במיצוי המים הקרים.

- בטיפול הקולחין ניתן להבחין בריכוזים גבוהים יותר של  $TOC$  ו- $TN$  במיצויי המים הקרים והחמים ביחד ולחוד.

-  $Hydrolyzed NH_4$  מהווה מדד פוטנציאלי לזמינות החנקן. ניתן לראות כי ריכוז משמעותי יחסית של חנקן אורגני עובר הידרוליזה במהלך החימום והופך לאמון. בקרקעות מושקות קולחין ערך זה גבוה יותר. ריכוזי החנקות ההתחלתיים גבוהים יותר בקרקעות מושקות קולחין.

- מתקבלים ריכוזים גבוהים יחסית של ניטריט ( $NO_2^-$ ) במיצויי המים החמים. זאת אע"פ שהיינו אמורים לקבל ריכוזים זניחים בלבד של צורון זה, מכיוון שהניטריטים שהיו בקרקע מוצו במים הקרים. נראה, שריכוזים אלו התקבלו במהלך המיצוי כתוצאה ממחסור יחסי בחמצן וריכוזים גבוהים של חומר אורגני. המגמה, לפיה ריכוזי החומר האורגני שמוצה היו גבוהים יותר בקרקעות שהושקו קולחין לעומת קרקעות שהושקו במים שפירים הייתה ניכרת עבור רוב הקרקעות, אם-כי לא תמיד באופן מובהק.

Irrigation	cold water $NH_4^+ 2$	cold water $NO_3^- 2$	cold water $NO_2^- 2$	cold water TOC	cold water TN	cold water TON	קרקעות שנה ראשונה	
	Effluent	1.6	46.4	1.5	100.3	51.9		
Fresh Water	3.3	31.6	1.2	78.1	39.8	3.7		
Irrigation	hot water $NH_4^+ 3$	hot water $NO_3^- 3$	hot water $NO_2^- 3$	hot water TOC	hot water TN	hot water TON		
	Effluent	9.2	0.1	1.9	254.1	27.1	15.6	
Fresh Water	6.6	0.2	1.1	167.6	21.6	13.4		
Irrigation	Cold+Hot TOC <sub>5</sub>	Cold+Hot TN <sub>5</sub>	Cold+Hot TON <sub>4,5</sub>	Hot KCl $NH_4^+ 6$	Cold KCl $NH_4^+ 7$	Total Hot $NH_4^+ 8$	Adsorbed $NH_4^+ 9$	Hydrolyzed $NH_4^+ 10$
	Effluent	354.4	78.9	18.04	14.5	8.0	23.6	6.4
Fresh Water	245.7	61.1	17.14	12.6	9.6	19.2	6.3	12.9

**טבלה 2:** ממוצעי ריכוזי הצורונים השונים כפי שנמדדו וחושבו במיצויים של הדגימות מכל הקרקעות שנדגמו בקיץ בלבד, ע"פ טיפולי ההשקיה השונים. בשל מורכבות בסיס הנתונים לערכים אלו, לא התאפשר ניתוח סטטיסטי של הערכים, אבל חלק מהמגמות ברורות ביותר ומדברות בעד עצמן. כל הערכים בטבלה הם ביחידות של mg/kg soil.

הסברים לטבלה:

(1)  $TON$  הינו ערך מחושב המייצג את ריכוז החנקן האורגני במיצוי. הוא חושב ע"י הפחתת ריכוזי צורוני החנקן המינרליים ( $NH_4$ ,  $NO_3$ ,  $NO_2$ ) מכלל החנקן שנמדד ( $TN$ ). בשל העובדה כי זהו ערך מחושב על בסיס מדידות של שני מכשירים שונים, התקבלו, בחלק מהמקרים, ערכים שליליים לפרמטר זה. בשל כך, ניתן לומר, כי לערך זה משמעות השוואתית בלבד.

$$TON = TN - (NH_4 + NO_3 + NO_2)$$

(2) Total TOC, TN, TON מייצג את סך ריכוז הפחמן האורגני, חנקן, חנקן אורגני (בהתאמה) שהתקבל בשני המיצויים (הקר והחם) יחדיו.

(3) Hot KCl NH<sub>4</sub> מתייחס לריכוז האמון שהיה ספוח לקרקע לאחר המיצוי במים חמים ונמדד באמצעות מיצוי ב-KCl לאחר המיצוי במים חמים.

(4) Cold KCl NH<sub>4</sub> מתייחס לריכוז האמון ההתחלתי שהיה בקרקע, כפי שנמדד באמצעות מיצוי ב-KCl.

(5) Total Hot NH<sub>4</sub> מתייחס לריכוז האמון שמוצה באמצעות מים חמים ובאמצעות KCl לאחריו.  

$$\text{Total Hot NH}_4 = \text{Hot NH}_4 + \text{Hot KCl NH}_4$$

(6) Adsorbed NH<sub>4</sub> מייצג אומדן של הריכוז ההתחלתי של האמון שהיה ספוח לקרקע לפני המיצוי במים חמים וזאת באמצעות הפחתת ריכוז האמון שהתקבל במיצוי במים קרים (המאפשר מיצוי של אמון מסיס בתמיסת הקרקע) מריכוז האמון שהתקבל באמצעות מיצוי ב-KCl (המאפשר מיצוי של אמון ספוח).

$$\text{Adsorbed NH}_4 = \text{Cold KCl NH}_4 - \text{Cold Water NH}_4$$

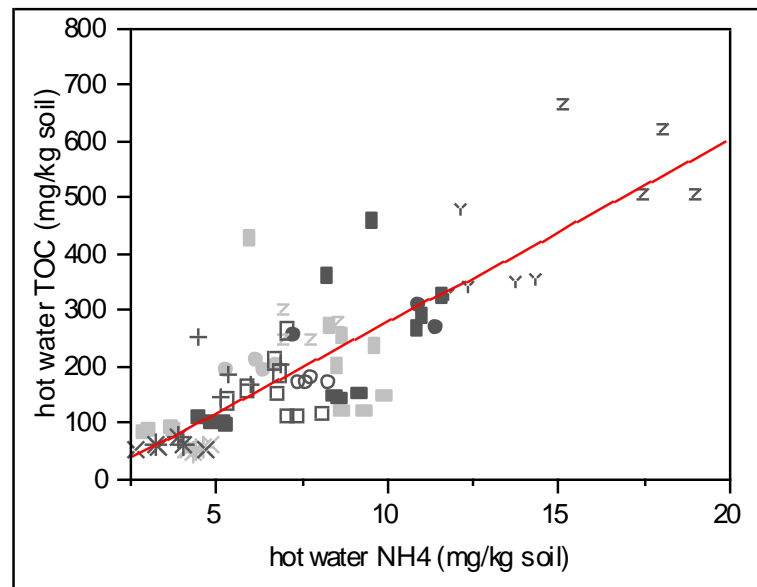
(7) Hydrolyzed NH<sub>4</sub> מייצג אומדן של ריכוז האמון שמקורו בחנקן אורגני ועבר הידרוליזה בזמן החימום. הוא מחושב באמצעות הפחתת ריכוז האמון שהיה בקרקע לפני המיצוי במים חמים מסך האמון שמוצה באמצעות מים חמים.

$$\text{Hydrolyzed NH}_4 = \text{Total Hot NH}_4 - \text{Adsorbed NH}_4$$

Hot water – all soils				
Y→	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		
TOC	R <sup>2</sup> =0.69	R <sup>2</sup> =0.24	TOC	
TN	R <sup>2</sup> =0.73	R <sup>2</sup> =0.2	R <sup>2</sup> =0.64	TN
TON	R <sup>2</sup> =0.35	n.s	R <sup>2</sup> =0.38	R <sup>2</sup> =0.84

**טבלה 3:** קשרים לינאריים חשובים בין ערכים שהתקבלו במיצוי מים חמים של דגימות מכל הקרקעות. בטור השמאלי מוצגים המשתנים התלויים TOC, TN ו-TON. n.s. – משמעו אין קשר מובהק (בין הפרמטרים (p>0.05). כאשר ישנו קשר מובהק בין הפרמטרים (p<0.05) מופיע מקדם המתאם R<sup>2</sup>.

טבלה 3 מציגה קשרים בין משתנים חשובים שהתקבלו עבור מיצוי מים חמים. בחלקם מקדם מתאם מאד גבוה יחסית למה שניתן לצפות בקרקעות, ובמיוחד עבור הקשרים שבין TOC והאמון הממוצים וכן בין ה-TOC וה-TN וגם הקשר בין TN ו-TON. המשמעות היא שמדידת TOC שהיא קלה יחסית יכולה לשמש אמד טוב לאמון זמין או לכלל החנקן בקרקע, לפחות בדיגומי הקיץ. לעומת זה הערכים שהתקבלו במים קרים היו רחוקים מלהשביע רצון ולתת איזה שהם קשרים משמעותיים במיוחד (לא מדווח כאן). איור 1 מראה הקורלציה הספציפית שבין ערכי ה-TOC שנמדדו במיצוי מים חמים עבור כל הקרקעות ובין האמון שהתקבל במיצוי זה. ללא ספק אינדיקציה לרמת חיזוי גבוה ביותר שלו.



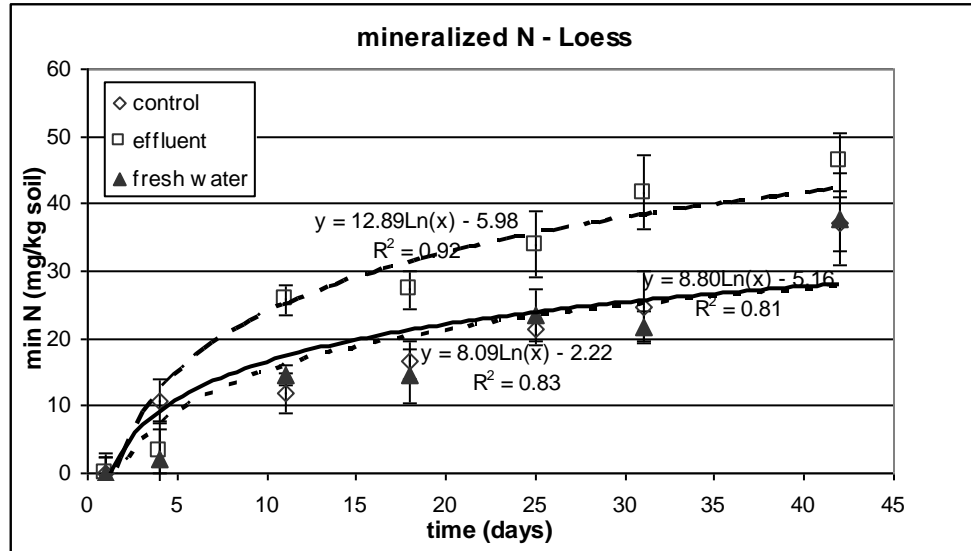
**איור 1.** הקורלציה בין TOC ממוצה במים חמים ואמון במיצוי זה כפי שהתקבלה עבור כל הקרקעות שנבדקו!

0.696185 RSquare  
 0.691965 RSquare Adj  
 76.26875 Root Mean Square Error



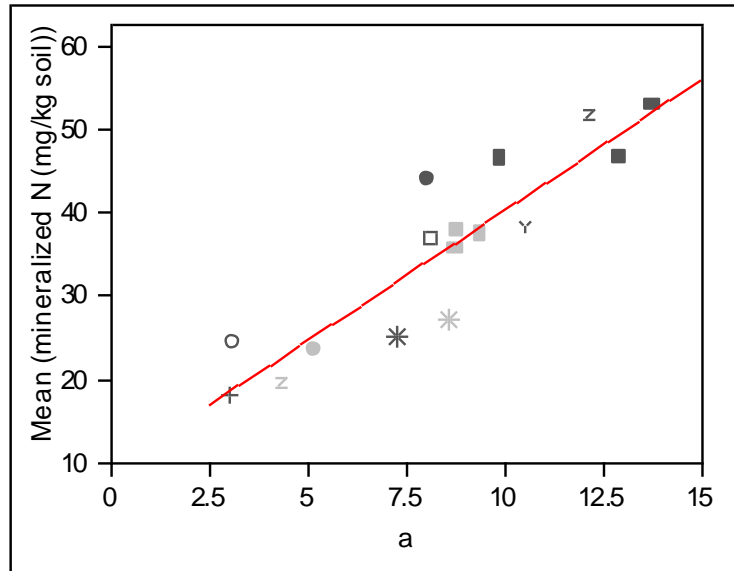
## תוצאות מניסויי מינרליזציה

איור 2 מציג תוצאה אופיינית של קצב הווצרות חנקן מינרלי בקרקע לס. תוצאות דומות התקבלו עבור מרבית שאר הקרקעות והן מסוכמות בעצם על ידי קו הקורלציה (משוואה 1): קוי השינוי הותאמו למשוואה מספר 1 וממנה חולצן שני פרמטרים חשובים  $a$  ו  $N_{min}$  שעומדים עבור קבוע המאפיין קצב המינרליזציה, וסיי'ה החנקן שעבר מינרליזציה בתום האינקובציה, בהתאמה. איור 3 מציג קשר לינארי עם מקדם מתאם 0.8 בין ערכי  $N_{min}$  ו  $a$  וזה בעצם מראה שניתן לקשר היטב בין שני פרמטרים אלו עבור מכלול הקרקעות שנבדקו. בגדול קצב המינרליזציה גבוה בקרקעות הקולחין בכ- 50% לעומת הקרקעות מושקות שפירים.



**איור 2:** קינטיקה של שינויי חנקן מינרלי כולל בקרקע לס כתלות בזמן הדגרה, כאינדיקציה למינרליזציה נטו. העקומה הותאמה למשוואה 1 וליד כל קו התאמה מופיעה המשוואה ומקם המתאם.

**איור 3:** קו הקורלציה בין סך החנקן המינרלי הנוצר בכל הקרקעות  $N_{min}$  ובין מקדם קצב ההווצרות שלו  $a$ . זהו על פי המשוואה 1 (לעיל) עם מקדם מתאם גבוה 0.80. הערכים הממוצעים של  $a$  עבור קרקעות הקולחין מוצגים ע"י הסימנים ה"המלאים" שמרביתם בחלק העליון של הגרף (מוקפי עגול) והם עומדים על  $a = 10.68$  ואילו הערכים עבור קרקעות השפירים עומדים על  $a = 7.52$ .



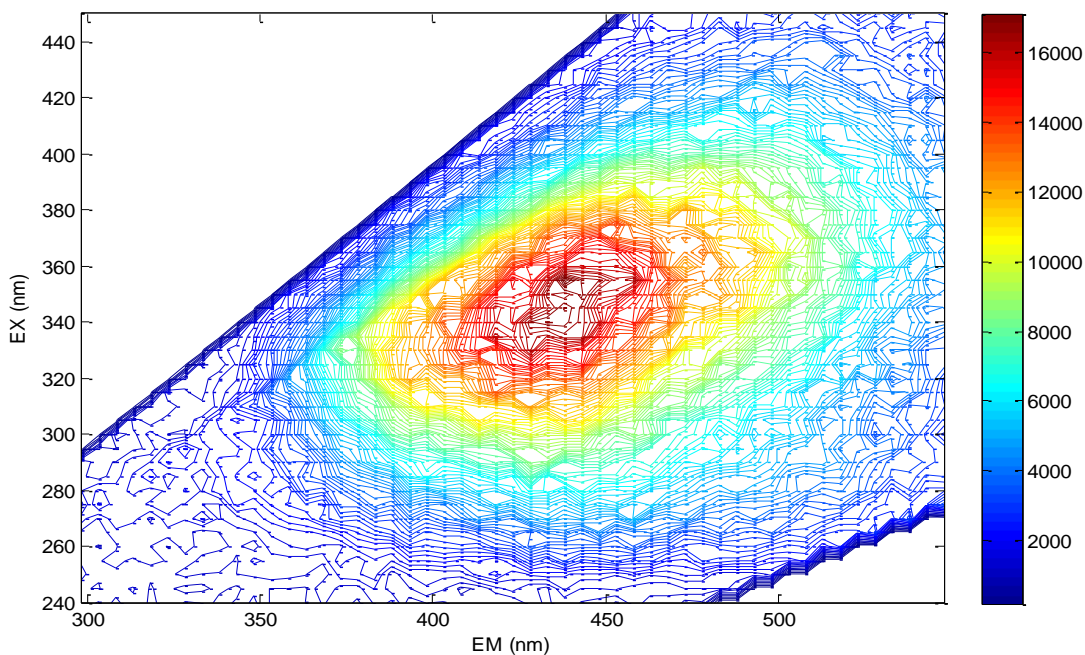
## תוצאות מדידת ספקטרומי עירור-פליטה בפלורסצנציה - EEM

תוצאה אופיינית של ספקטרום EEM (ערעור פליטה) כפי שהתקבלה עבור מיצוי מים חמים של קרקע בטיחה מושקית קולחין מוצג באיור 4 (ובטבלת המצורפת לו). על פי נתוח במודל -Parallel Factor Analysis- PARAFAC (Ohno and Bro, 2006) מקבלים 3 מרכיבים עיקריים של הספקטרומים והם בעצם נמצאים בהתאמה טובה מאד עם מרכיבים קלסיים של מיצויי קרקעות (טבלה באיור). מרכיבים אלו של הספקטרומים ישמשו בהמשך לבניית קורלציות בין מרכיבי הספקטרום ועוצמותיהם לבין המשתנים השונים שנמדדים במיצוי המימי או במדידת קצב מינרליזציה. טבלה 5 מציגה קורלציות ראשוניות בין 3 מרכיבי הספקטרומים ובין TOC, TN, ו TON וממנה עולים קשרים במתאם גבוהה מאד בין TOC ומרכיבים 1 ו 2.

הדבר אינו מפתיע משום שמרכיבים אלו קשורים לפי הטבלה באיור 4 לחומרים הומיים ופולביים. לעומת זאת, הקורלציות של TON (מכלול חנקן אורגני) תואמות בצורה סבירה לשלושת המרכיבים, אם כי רק מרכיב 3 מזוהה ישירות עם חנקן.

**איור 4:** ספקטרום EEM אופייני לקרקע במיצוי מים חמים. הקרקע מאזור הבטיחה תחת טיפול בקולחין שניוני. ניתוח על פי מודל PARAFAC מגלה שלושה מרכיבים עקרוניים בספקטרומים ואלו מוצגים בטבלה למטה.

מולקולה אופיינית	אורך גל לפליטה Emission wavelength (nm)	אורך גל לעירור Excitation wavelength (nm)	
חומצה הומית	478	285 / 375 (משני)	מרכיב 1
חומצה פולבית	423	345	מרכיב 2
חומצת אמינו - טריפטופן	383	315 / 290	מרכיב 3



**טבלה 5:** קורלציות בין פרמטרים עיקריים של מיצוי מים חמים ושלושת מרכיבי ספקטרומי EEM שהתקבלו באנליזת N-PLS (Bro, 1996).

X מים חמים Hot water	Component 1 (scores)	Component 2 (scores)	Component 3 (scores)
TOC (mg/kg soil)	$R^2=0.91$ $Y=-50.65+0.0015x$	$R^2=0.82$ $Y=-29.06+0.0015x$	$R^2=0.42$
TN (mg/kg soil)	$R^2=0.76$ $Y=-1.98+0.0002x$	$R^2=0.7$ $Y=0.47+0.0002x$	$R^2=0.54$ $Y=-8.22+0.00044x$
TON (mg/kg soil)	$R^2=0.62$ $Y=5+0.0001x$	$R^2=0.69$ $Y=4.5+0.0001x$	$R^2=0.63$ $Y=-2.86+0.0003x$

## 2. תוצאות מיצוי וספקטרוסקופיית EEM סט 34 קרקעות – שנה שנייה ושלישית

### מאפייני הקרקעות במיצויים מים קרים וחמים

טבלאות 1 מציגה מאפייני הקרקעות כפי שהתקבלו במיצוי מים רגיל (טמפי' החדר, מיצוי צורני החנקן בתמיסת N1 KCL) ובמידת פחמן אורגני כולל במיצוי ארגסיבי בחומצה ביכרומטית וכנגדם התוצאות של מיצוי מים חמים (לא מוצגים ישירות בדוח הסופי). ככלל, מכון שמדובר בדיגום מקרקעות מאד שונות מצפון לדרום הארץ ובהן גם טיפולי דישון וחומר אורגני מאד שונים, אפשר בהחלט לראות מגוון רחב מאד של שינויים ברמות החומר האורגני – הן המתקבל במיצוי בביכרומאט והן כפי שנמצא במיצויי המים החמים (TOC). באותה מידה גם רמות האמון והחנקה משתנות מאד בין קרקעות וטיפולים. רמות הגיר מביעות בעצם את אחד הפרמטרים הפחות תלויים בטיפול הדשון/זיבול ויותר אופייניות לחומר האב של הקרקע. אם כי, ניתן להבחין בקשר די ברור וצפוי גם בקשר בין רמות החומר האורגני (בשתי צורות מידדתו) ובין חרסיתיות הקרקעות. ככל שהן קלות (חוליות יותר) רמת החומר האורגני יורדת, כצפוי. במרבית המיקרים שבהם נדגמו קרקעות בור, ללא דישון וגידול עליהם, התקבלו ערכי חומר אורגני ואמון נמוכים יותר, כאשר הקרקע הלסית מנחל עוז שונה מהשאר בהקשר זה. ייתכן שזה נובע מכך שהדיגום בה בוצע בחלקה של דונה זמן רק אבל הייתה תחת גידול בעבר.

### מאפייני מינרליזציה וניטרופקציה פוטנציאלית של הקרקעות

הטבלה מטה מציגה את תוצאות המירליזציה עבור הקרקעות השונות. הממוצע של כמות החנקן העובר מינרליזציה 35 ימים עבור קרקעות קולחין ושפירים מאד דומה, 46.1 ו 48.3 מג"ר N לק"ג. ערכים אלו כמעט כפולים מהערכים שנתקבלו עבור קרקעות הבור – 28.8 מג"ר N לק"ג. כצפוי הערכים הללו הרבה יותר גבוהים בקרקעות שזכו לטיפול נוסף בחומר אורגני ושם הממוצע נע באזור ה 102 מג"ר N לק"ג. בולטת במיוחד קרקע הטרסה-רוסה שבה הערכים גבוהים במיוחד, כולל בקרקע שבה לא בוצע זיבול! מעניין לראות שגם בטווחי זמן קצר יחסית של 3 ימים ישנה הוצרות ניכרת מאד של חנקן מינרלי במרבית הקרקעות ובמיוחד באלו שקיבלו זיבול (הוצג בשנה שנייה, לא מוצג בדו"ח הסופי).

ממוצעי מינרליזציה 35 יום	ממוצע	סטיית תקן
מ"ג N לק"ג	46.1	15.8
ממוצע שפירים	48.3	17.83
מ"ג N לק"ג	28.8	10.32
ממוצע ללא דישון	28.8	10.32
ממוצע טיפולים אורגניים	102.6	61.50

טבלה 6 מציגה ערכי קצב הניטרופיקציה (SLOPE) הפוטנציאלית עבור הקרקעות השונות, ככלל, ובדומה למה שהתקבל עבור מאפייני החנקן הכולל והחומר האורגני – רואים גם כאן ירידה בערכים בקרקעות הבור. ערכים גבוהים נצפים עבור הקרקעות החרסיתיות וגם החוליות שטופלו בזבל או בקומפוסט. הערכים בקרקע החולית מצאליים הנמוכים ביותר (נטייה לאפס) וכנ"ל בקרקע החמרה ממעפיל. המעכב ATU מוריד את הקצב במרבית המקרים בכדי 50-70% מה שלמד שעיקר העבודה אכן נעשה על ידי מתמצנים אוטו-טרופיים. בנוכחות חומר אורגני ובמיוחד בקרקע האורגני מהחולה (מספר 22) ניכר שאין השפעה למעכב הספציפי הזה (ATU).

### קורלציות חשובות

#### קשר בין מאפייני חנקן ופחמן

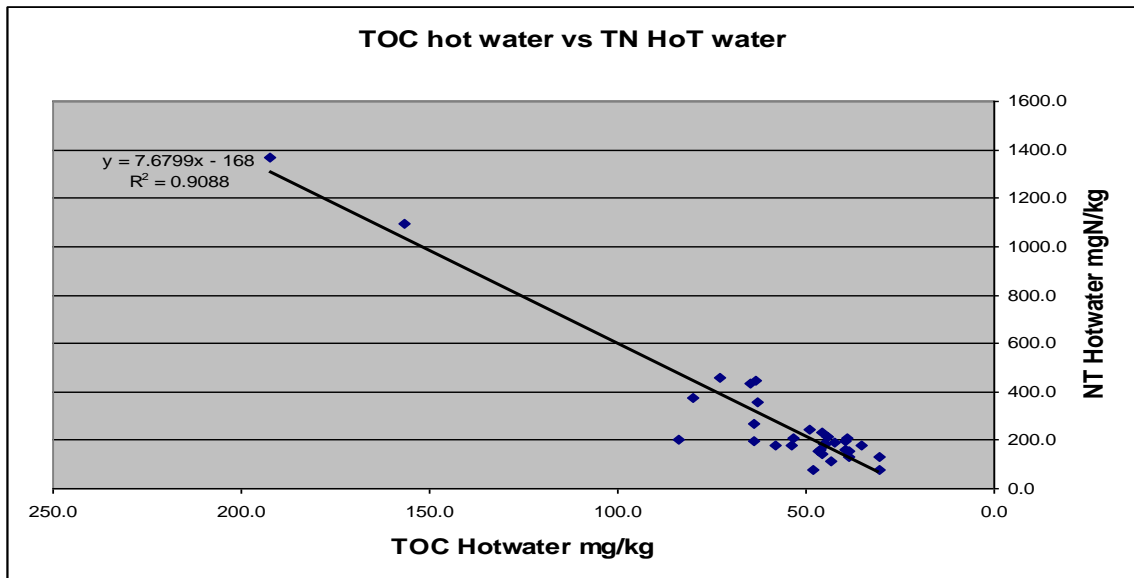
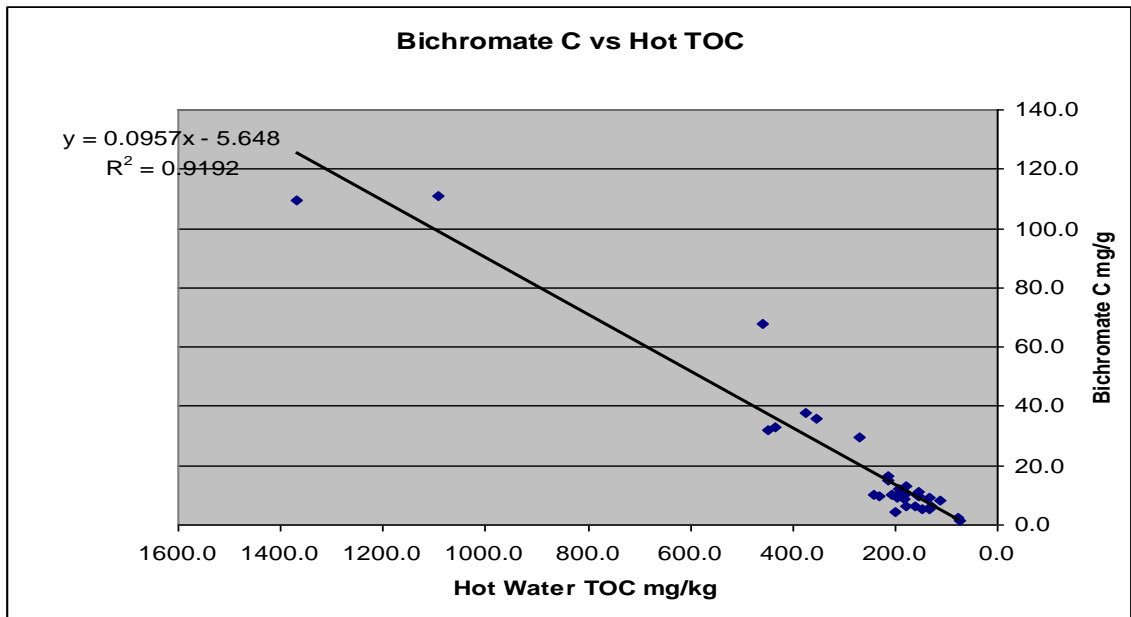
איור 5 מציג הקשר בין חומר אורגני (פחמן אורגני) שמתקבל במיצוי אגרסיבי בחומצה ביכרומטית ובין מיצוי TOC במים חמים. מקדם הקורלציה  $R^2$  גבוה מאד – 0.92. מה שבעצם אומר שניתן לחזות בצורה מצויינת את הפחמן הכולל שמתמצה בעיכול בחומצה על ידי מיצוי פשוט יותר (וגם מזיק פחות לסביבה מבחינת השימוש בריאגנטים אגרסיביים ומזהמים). גם הקורלציה בין החנקן הכללי NT שמוצה במים חמים ובין הפחמן הכללי TOC במים חמים מצויינת עם מקדם של 0.91.

#### קשר בין מינרליזציה ומאפייני קרקע

איור 2 מציג את הפוטנציאל בשני המקרים מקדמי הקורלציה הם גבוהים – 0.88 ו-0.84, בהתאמה. בציר 6 (עליון) אנו למדים שבעצם הקורלציה של המינרליזציה 35 יום עם ה TOC במים חמים טובה מאד (0.86). מכון שהמיצוי במים חמים פשוט יותר ואינו מחייב שימוש בריאגנטים אגרסיביים (כמו ביכרומאט) הוא מציג כאן ייתרון משמעותי לחיזוי הפרמטר החשוב של המינרליזציה. מתוצאות שאינן מוצגות בדוח הסופי ראינו שאכן ניתן לחזות את המינרליזציה 35 יום הן על ידי שימוש בערכי הפחמן שמתקבל בעיכול בחומצה

ביכרומאטית והן על ידי מיצוי של החנקן הכללי NT במים חמים. איור 3 מוסיף נדבך מידע נוסף לגבי הערכים שמתקבלים אחר 3 ימים. וגם כאן מתקבלת קורלציה ברמה גבוהה בין ערכי המינרליזציה והפחמן הכולל ממוצה במים חמים (TOC). מכוון שערכי המינרליזציה מהווים כלי חשוב מאד לחיזוי פוריות הקרקע באופן כללי ויכולתה לספק חנקן אורגני זמין לצמחים הרי שלקבלת מידע קל השגה יחסית ובעל אמינות חיזוי גבוהה יש חשיבות רבה בניהול ממשק דישון בר-קיימא. תוצאה חשובה נוספת שקיבלנו (לא מוצגת) היא בין המינרליזציה ב-35 יום ובין האמון במיצוי מים חמים עם מקדם קורלציה גבוה מאד – 0.89, והיא אכן מספקת אמד מצויין לחיזוי קצב המינרליזציה בקרקעות ממגוון אזורים וטיפול דישון וזיבול רחב. כאן המקום להוסיף את הקשר שנמצא בין ערכי האמון במיצוי מים חמים וערכיו במיצוי KCL במים קרים (0.62) תוך שזוכרים שרמות האמון במיצוי המים החמים גבוהות יותר מה שמעיד גם מדו"חות קודמים שבעצם המיצוי במים חמים מוציא אל התמיסה אמון שמקורו בפרוק חומר אורגני שמהירות הפרוק שלו המהירה יחסית ולכן הוא אכן אינדיקטור יעיל לזמינות חנקן פוטנציאלית!

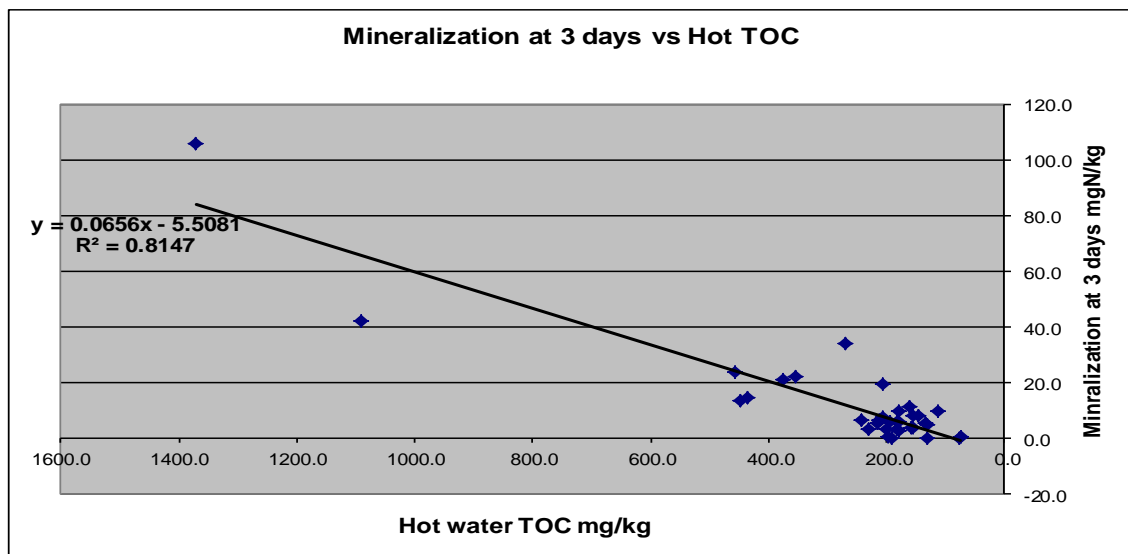
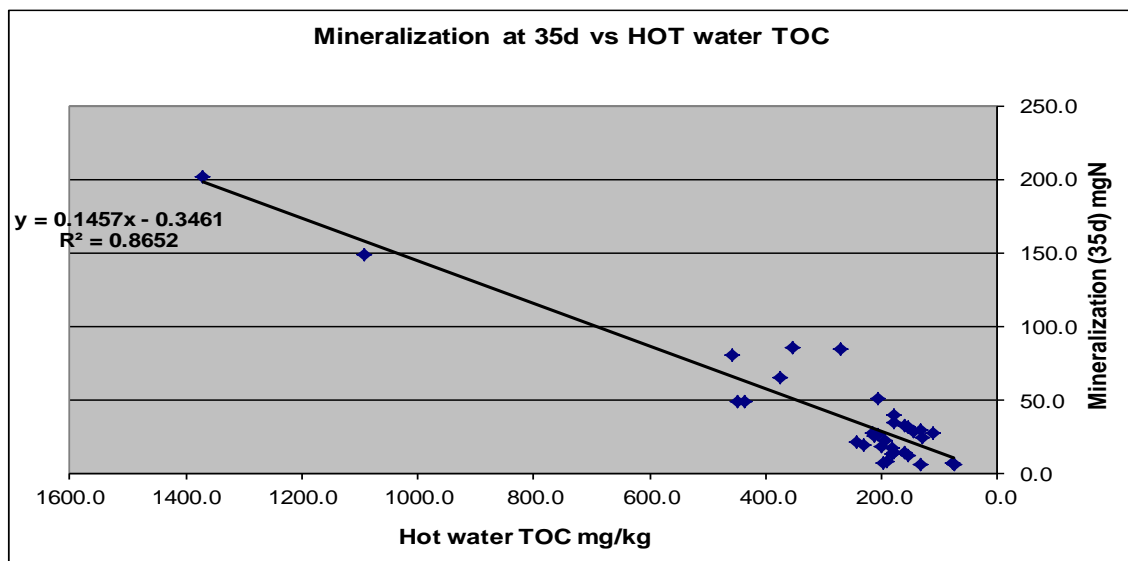
**איור 5:** קורלציה בין כמות חנקן אורגני במיצוי ביכרומאט (עליון) וערכי NT- חנקן כללי במיצוי מים חמים (איור תחתון) לערכי ה TOC שהקבלו במיצוי מים חמים, עבור כל הקרקעות. (ערכי R<sup>2</sup> והקורלציה מוצגים באיור).



קשר בין ניטריפיקציה פוטנציאלית ומאפייני הקרקע במיצוי

נמצאו קורלציות חלשות מאד בין הניטריפיקציה הפוטנציאלית ובין מדדים שונים שהתקבלו על ידי מיצוי במים חמים כמו קשר בין NT לניטריפיקציה (עם  $R^2 = 0.15$ ) וכנייל ערכי  $R^2$  בסדר גודל דומה עבור הניטריפיקציה ואמון במיצוי מים חמים (0.095), או האמון במיצוי KCL במים קרים (0.225). נראה כי הפרמטר של הניטריפיקציה הפוטנציאלית תלוי בצורה הרבה ותר מורכבת בסוגי הקרקע והטיפולים מאשר המינרליזציה ועל כן נראה שבשלב זה יכולת החיזוי של משתנה זה לא תוכל להתבסס על הפרמטרים שמחולצים במיצוי מימי במים חמים לא כל שכן במים קרים. חשוב לנסות לבחון האם הערכת קצבי ניטריפיקציה בתנאים ראליים (קיבול שדה, טמפרטורת החדר) תהיה יעילה יותר תחת השימוש במדדים שמתקבלים ממיצוי המים החמים. בהמשך יודגם שדווקא התוצאות שמבוססות על מדידות פלורסצנציה מניבות קורלציות יותר מבטיחות.

**איור 6:** הקשר בין מינרליזציה מצטברת ב-35 יום ובין מיצוי TOC במים חמים (עליון) והקשר בין מינרליזציה מצטברת ב-3 ימים ובין מיצוי TOC במים חמים (תחתון).



**טבלה 6:** ערכי השיפועים SLOPE (=קצב) עבור חישובי ניטרופיקציה פוטנציאלית וערכי  $R^2$  שהתקבלו בניסויי הניטרופיקציה הפוטנציאלית עם וללא מעכבי ניטרופיקציה מסוג ATU.

Soil / No.	Treatment	Inhibitor	Slope	$R^2$	Remarks
<b>Grumosol, Akko / 4</b>	Fresh water, avocado	-	0.0658	0.98	
		ATU	0.0209	0.97	
/ 5	Effluent water, avocado	-	0.0583	0.98	
		ATU	0.0100	0.68	
/ 6	Control, no plants	-	0.0094	0.98	
		ATU	0.0058	0.88	
<b>Terra Rossa / 7</b>	Fresh water, kiwi, fertilizers	-	0.0806	0.98	1 <sup>st</sup> experiment
		ATU	0.0306	0.81	
/ 8	Effluents + manure	-	0.0799	0.98	
		ATU	0.0519	0.88	
/ 9	Fresh water + compost	-	0.1656	0.95	
		ATU	0.0179	0.60	
/ 7		-	0.1207	0.98	2 <sup>nd</sup> experiment
		2 doses of ATU	0.0808	0.67	
/ 8		-	0.0742	0.78	2 <sup>nd</sup> experiment
		2 doses of ATU	0.0153	0.15	
/ 7		-	0.1249	1.00	3 <sup>rd</sup> experiment
		-	0.0980	1.00	
/ 8		-	0.1586	0.93	3 <sup>rd</sup> experiment
<b>Loess Nahal Oz / 15</b>	Effluent water, wheat	-	0.0799	0.98	1 <sup>st</sup> experiment
		ATU	0.0519	0.88	
/ 16	Shafdan, wheat	-	0.1656	0.95	
		ATU	0.0179	0.60	
/ 17	Saline water	-	0.1656	0.95	
		ATU	0.0065	0.01	
/ 15		-	0.1134	0.99	2 <sup>nd</sup> experiment
		2 doses of ATU	0.0324	0.99	
<b>Sand Zeelim / 19</b>	Fresh water, Field Crop,	-	(-0.0185)	0.68	
		ATU	(-0.0096)	0.36	
/ 20	Organic, corn	-	0.1656	0.93	
		ATU	0.0364	0.12	
/ 21	Fresh water, Citrus orchard,	-	0.1656	0.95	
		ATU	0.0416	0.76	
<b>Hula -Peat / 22</b>	Peat	-	0.0836	0.84	
		ATU	0.1086	0.62	
<b>Grumosol, Dan / 23</b>	Organic + Fertilizers	-	0.1083	0.96	
		ATU	0.0496	0.94	
<b>Grumosol, Dafna / 24</b>	Fertilizers only	-	0.0958	0.95	
		ATU	0.0330	0.84	
<b>Hamra, Ma'apil / 27</b>	Effluent water, avocado	-	0.0013	0.20	
		ATU	-	-	

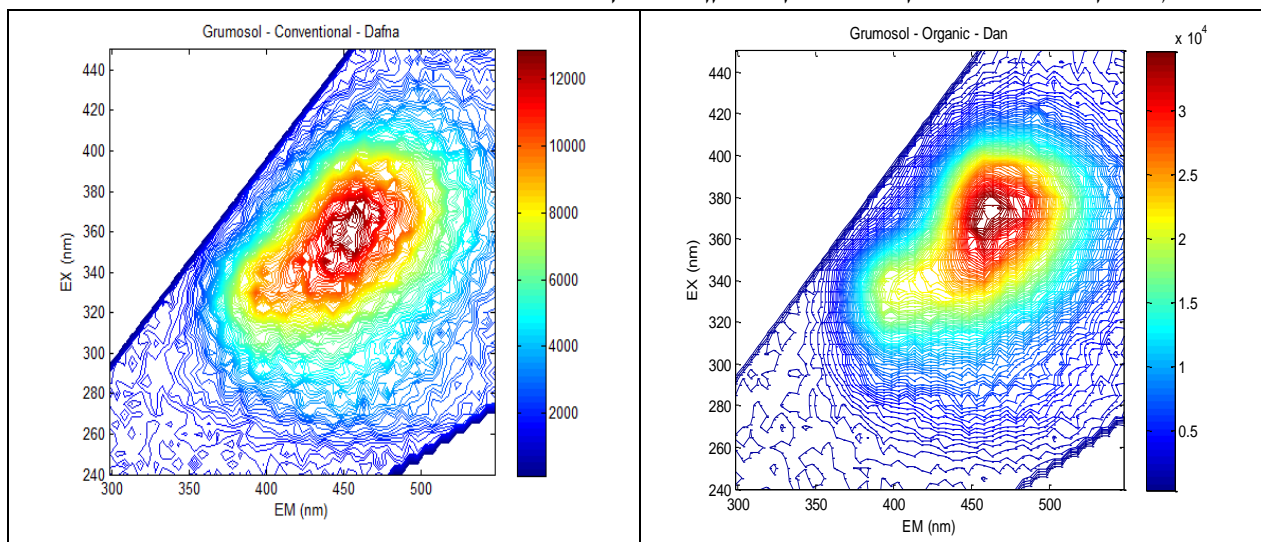
## המשך לטבלה 4

21 continued		ATU	0.0416	0.76	
<b>Hula -Peat / 22</b>	Peat	-	0.0836	0.84	
		ATU	0.1086	0.62	
<b>Grumosol, Dan / 23</b>	Organic + Fertilizers	-	0.1083	0.96	
		ATU	0.0496	0.94	
<b>Grumosol, Dafna / 24</b>	Fertilizers only	-	0.0958	0.95	
		ATU	0.0330	0.84	
<b>Hamra, Ma'apil / 27</b>	Effluent water, avocado	-	0.0013	0.20	
		ATU	-	-	
/ 28	Fresh water, avocado	-	0.0060	0.90	
		ATU	(-0.0009)	0.15	

**תוצאות ותובנות משימוש בפלורסצנציה - EEM על סט 34 הקרקעות**

תוצאות שהתקבלו בעיקר במהלך השנה השלישית עבור ספקטרומי ערוור-פליטה בשיטת EEM עבור 30 מתוך 34 הקרקעות שנדגמו בשנה השנייה לימדו אותנו שיש מספר קרקעות שהספקטרומים שלהם שונים מהותית משל השאר ואלו הן הקרקעות שזובלו בזבל אורגני או תחת ממשק חקלאות אורגנית. איור 7 מציג ההבדל האיכותי בחזות הספקטרומים בין הקרקעות הללו. טבלה 7 מציגה ערכי מרכיבי הערעור (Ex) והפליטה (Em) שהתקבלו עבור כל הקרקעות עם מקדם התאמה של 49% למודל 3 מרכיבים, ועם 80% התאמה לאותם מרכיבים כפי שהוצגו באיור 4. צריך לזכור ששלושת המרכיבים באיור 4 מייצגים משפחות של תרכובות הומיות, פולוויות וחלבונים מוכרים וטיפוסיים לקרקעות!! התוצאות מלמדות שלא ספק הקרקעות שהושפעו מדישון אורגני הן בעלות ספקטרומי EEM שונים מהותית! חלק מקרקעות אלו גם נבדלות מאד בכמות החומר האורגני הממוצה בהן מהשאר, וגם בקצבי המינרליזציה כפי שניתן לראות בטבלה שבעמוד 10.

לאור הממצא שיש להתייחס לקרקעות המושפעות מאד מחומר אורגני בנפרד, בוצעו קורלציות לגבי מקדם המינרליזציה a (משוואה 1) ומרכיבי הספקטרומים של 26 קרקעות (בניפוי הקרקעות האורגניות) והתקבלה עבור המרכיב 1 התאמה טובה עם מקדם קורלציה 0.6 (איור 8), ועבור הניטריקפיקציה הפוטנציאלית התקבלה התאמה טובה עבור מרכיב 2 (0.69) ועבור מרכיב 3 (0.81) כפי שניתן לראות מאיור 9! לעובדה שהמינרליזציה של החנקן נמצאת בקורלציה יותר טובה עם מרכיב 3 (מייצג חומר חלבוני) יש בהחלט הגיון ביוכימי, מכיון שזה מרכיב עיקרי בהספקת חנקן לתהליך המינרליזציה.



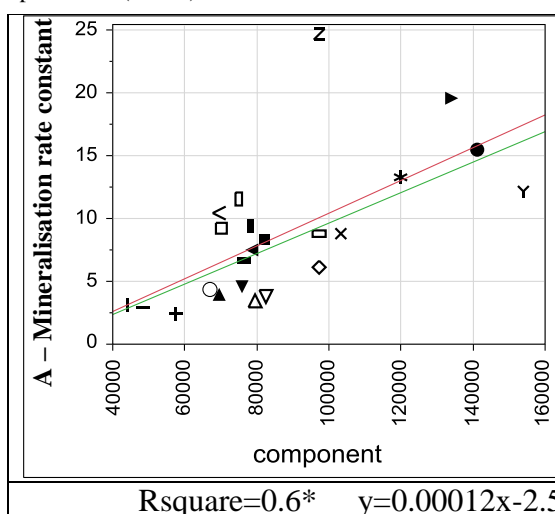
**איור 7:** הצגה גרפית של מערכי עירור-פליטה של מיצויי מים חמים של קרקעות שנדגמו באזור עמק החולה: מימין קרקע גרומוסול בפרדס אורגני- דן, מימין גרומוסול בפרדס בממשק בדישון רגיל-דפנה.



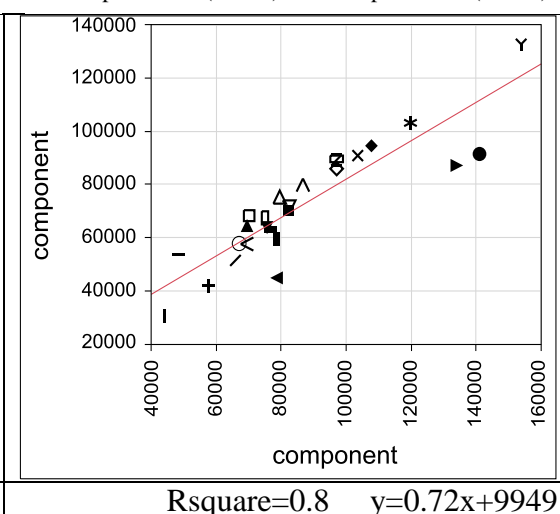
מספר דוגמאות	מרכיב 1 (Em /Ex)	מרכיב 2 (Em /Ex)	מרכיב 3 (Em /Ex)	אחוז התאמה למודל	הסבר לגבי מס' דוגמאות בסט
30	458/ 365	423/ 330	280-415/493	49%	כולל 30 דוגמאות קרקע (4 דגימות מ34 לא הספיקו לחלק זה)
26	380-270/490	345/415	290/380	80%	אחרי נפוי - טרה-רוסה געתון - טיפולים קולחין+זבל ושפירים+קומפוסט כבול אורגני - ראש פינה, גרומסול אורגני - דן.

**טבלה 7:** מרכיבי הערעור (Ex) והפליטה (Em) שהתקבלו עבור כל הקרקעות שעבורן נמדדו ספטורמי EEM (30 דוגמאות) ועבור 26 דוגמאות מהן נופו הספקטרומים המאד שונים של הקרקעות האורגניות. המרכיבים של סט 26 הקרקעות מאד קרובים לאלו באיור 4!

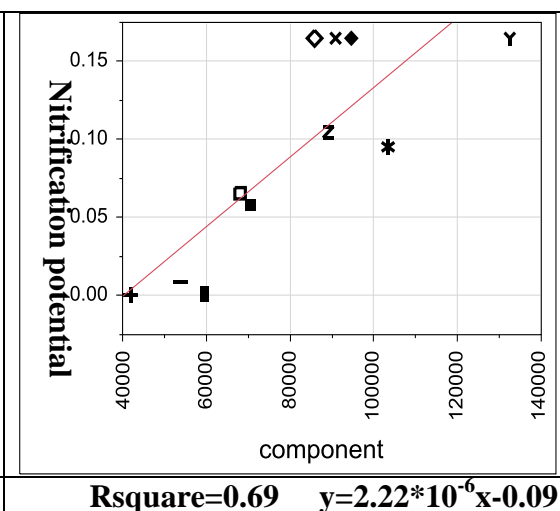
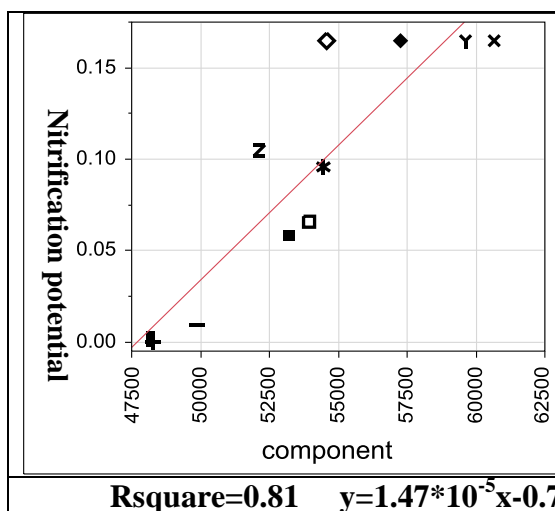
Component #1 (scores) Vs. a – Mineralization rate constant



Component #1 (scores) Vs. Component #2 (scores)



**איור 8:** ימין- תאור הקשר בין מרכיב 1 ו2 בסט 26 הקרקעות (בניפוי האורגניות), משמאל- הקשר בין קבוע המינרליזציה a (משוואה 1) ובין מרכיב 1 בספטרום EM עבור סט 26 דגימות שאינו כולל הקרקעות עם ההשפעות האורגניות.



**איור 9:** תאור הקשר בין פוטנציאל הניטריפיקציה עבור קרקעות מסט 26 הקרקעות (ללא אורגניות) ובין מרכיב 2 בספקטרומים- צד ימין, ומרכיב 3 (חומר חלבוני)- בצד שמאל.



המחקר מציע פיתוח שיטה מהירה להערכת שינויים בפחמן אורגאני, צורוני חנקן למיניהם ופעילות מיקרוביאלית על בסיס מיצוי קרקעות שונות במים חמים. בשנה הראשונה הראנו, על בסיס מדגם קרקעות מצומם יחסית, שהשילוב של מדידות ספקטרוסקופיות ישירות על בסיס מדידות FTIR ופלורסצנציה ועיבוד אותות מתקדם יכול לאפשר חילוץ מהיר של המידע על בסיס מדידות ישירות.

צריך לזכור שתהליך הפיתוח והגיבוש התבסס גם על איתור קשר לתוצאות של שיטות מקובלות אבל מורכבות ודורשות זמן רב יותר כמו בדיקות מינרליזציה (נדרשת הדגרה למספר ימים או שבועות בתנאים סטנדרטיים), רספירציה ומדידות ספקטרומים על דוגמאות שעברו טיפול והכנה מיוחדת (ייבוש/טחינה). הרעיון היה לפתח כלים וגישות שיתבססו על קורלציות בין מדדים כימיים על בסיס השיטות המהירות והמיצוי במים חמים והשוואתן לשיטות מקובלות שהן איטיות ומורכבות יותר ויספק מודלים פשוטים לתאור קצב מינרליזציה ואולי אף קצב ניטריפיקציה פוטנציאלית בקרקעות שונות ככלי לשיפור ממשק הדישון החנקני בהן. הדגש הושם על מיצוי במים חמים שמספק מדד אמין יותר ממיצוי במים קרים! בשנה השנייה והשלישית לפרוייקט הרחבנו מאמץ הבדיקה והתמקדנו ב-34 דיגומי קרקע שונות נוספות שנלקחו מ-12 אתרים שונים לאורך כל הארץ בהם יש ניסויים של גידול אבוקדו/הדרים או גידולי שדה תחת השקיה בקולחין/שפירים או ניסויים בהם יש גם מרכיב של דישון אורגני/חקלאות אורגנית. בחלק מהמקרים יש שלוב של קולחין וזבול אורגני. הדגש בשלב העבודה בשנתיים אלו זו הושם על השוואת תוצאות מיצוי מימי רגיל, למיצוי במים חמים וכן לניסויי מינרליזציה והרחבנו גם לבדיקת ניטריפיקציה פוטנציאלית ובחינת יכולת החיזוי של בדיקות פשוטות במים חמים לגבי מינרליזציה וניטריפיקציה פוטנציאלית בקרקעות הנבדקות.

התוצאות מלמדות שניתן לקבל קורלציות טובות בין פרמטרים שקל יחסית לקבלם כמו TOC או TN שמתקבלים במים חמים ובין קבוע קצב המינרליזציה a (מבוסס על הנחת קינטיקה מסדר ראשון, שתאמה הניסויים עם הקרקעות השונות) או סך כל המינרליזציה שמתקבלת בקרקעות השונות (עבור זמן קצר של 3 ימים או של 35 ימים) עם מקדמי קורלציה ( $R^2$ ) גבוהים בטווח שבין 0.84 ל-0.89. לפי סוג הבדיקה. בסט המורחב יותר שנבדק לא נמצאו הבדלים בקצבי מינרליזציה בין קרקעות קולחין או שפירים אבל נמצא בברור שהקצב גבוה משמעותית בקרקעות שמטופלות בחומר אורגני או תחת משטר גידול אורגני בעוד שקרקעות הבור שבצידי הדרך היו עם ערכי מינרליזציה הרבה יותר נמוכים! חיזוי קצב הניטריפיקציה הפוטנציאלית נראה הרבה יותר בעייתי ולא נתקבלו קורלציות משביעות רצון מול אותם פרמטרים (TOC, TN, TON ואחרים) וזאת בשל מורכבות התהליך והתלויות השונות של חיידקי החימצון בפרמטרים כמו אספקת חמצן סדירה, פעילות מיקרוביאלית ותלויותיה הרבות.

בחינת ספקטרומי ערעור-פליטה EEM – על סט הקרקעות המוגדל בשנה השלישית, לימדה אותנו שיש הבדל מהותי בין הקרקעות עשירות החומר האורגני (זבול, ממשק חקלאות אורגנית) ובין שאר הקרקעות. שלושת המרכיבים הקלסיים (שמתועדים גם בספרות בטווחים שקילנו בעבודה זו) של הספקטרום שמציניים חומר הומי, פולבי וחלבוני נראים מוסטים בקרקעות האורגניות ביחס לשאר הקרקעות. ועל כן הגענו למסקנה שהן צריכות להיות מוערכות כסט נפרד! ואכן הקורלציות שתקבלו עבור סט של 26 דגימות הקרקע תחת משטרי דישון והשקיה רגילים היו עם מקדמי קורלציה טובים יותר למינרליזציה (0.8) בהשוואה לסט שכלל את כל הקרקעות (0.6). יתרה מזו, התקבלו קורלציות טובות גם עבור ניטריפיקציה פוטנציאלית בסט שלא הכליל הקרקעות האורגניות: התקבל מקדם של 0.69 בין קצב התהליך ומרכיב 2 בספקטרום ומקדם 0.81 לקורלציה עם מרכיב 3 (החלבוני)!!

העבודה הראתה פוטנציאל גבוה מאד של שיפור חיזוי קצבי תהליכי מינרליזציה (נטו) בקרקעות שונות בעזרת מיצוי במים חמים ויצירת קשר לפרמטרים מדידים בקלות כמו TOC או TN ויתרון עוד יותר גדול ע"י שימוש נבון בספקטרוסקופיית ערעור-פליטה EEM. על בסיס ממצאים אלו ברור לנו שיש מקום להרחיב העבודה לניסויי שדה ובדיקות במהלך העונה, בתקופות גידול שונות, ותחת משטרי זבול שונים וכן להרחיב לא רק השוואה לבדיקות מינרליזציה סטנדרטיות (שמודדות קצבי נטו) אלא למדידות מינרליזציה וניטריפיקציה "ברטו" (gross rate) שמודדות הקצבים האמתיים במערכת ומהוות מדד יותר אמין לפעילות המיקרוביאלית בקרקע.

- Bollmann, Annette (2006) Nitrification in soil. In: Editor(s): Bloem, Jaap; Hopkins, David W.; Benedetti, Anna. Microbiological Methods for Assessing Soil Quality (2006), 136-141, 172-182.
- Bro R. Multiway calibration. Multilinear PLS.(1996) Journal of Chemometrics 10,47-61.
- Curtin D. (2006), Hot Water-Extractable Nitrogen as an Indicator of Soil Nitrogen Availability. Soil Science Society of America Journal 70:1512-1521.
- Curtin D. and McCallum F. M. (2004), Biological and chemical assays to estimate nitrogen supplying power of soils with contrasting management histories. Australian Journal of Soil Research 42:737-746.
- Ghani A. (2003) Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilization, grazing and cultivation. Soil Biology & Biochemistry 35:1231-1243
- Jones D.L. , Shannon D., Murphy D. V and Farrar J. (2004) Role of dissolved organic nitrogen (DON) in soil N cycling in grassland soils. Soil Biology & Biochemistry 36:749-756.
- Ohno T. and Bro R. (2006) Dissolved organic matter characterization using multiway spectral decomposition of fluorescence landscapes. Soil Sci. Soc. Am. J. 70:2028-2037.
- Taylor, Anne E.; Zeglin, Lydia H.; Dooley, Sandra; Myrold, David D.; Bottomley, Peter J. (2010). Evidence for different contributions of archaea and bacteria to the ammonia-oxidizing potential of diverse Oregon soils. Applied and Environmental Microbiology (2010), 76(23), 7691-7698

## סיכום עם שאלות מנחות

פרוייקט 838-0550-10 שביב, מינץ, לינקר

<p>1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה פיתוח שיטה מהירה להערכת שינויים בפחמן אורגני, צורוני חנקן למיניהם ופעילות מיקרוביאלית על בסיס מיצוי קרקעות שונות במים חמים תוך שילוב מדידות ספקטרוסקופיות ישירות על בסיס מדידות FTIR ופלורסצנציה ועיבוד אותות מתקדם שיאפשרו חילוץ מהיר של המידע על בסיס מדידות ישירות מנגנונים עיקריים שנחקרו – מיצויי קרקעות במים קרים וחמים וחילוץ פרמטרים מדידת קצבי מינרליזציה וקיצבי ניטריפקציה פוטנציאלית וקישור בינם לבין פרמטרים שנמדדו במים קרים וחמים, כולל שימת דגש מיוחד על קורלציות למאפייני ספקטרומי ערעור-פליטה EEM.</p>
<p>2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח</p> <p>א. השנה ראשונה בוצעו מיצויי קרקעות מייצגות שטופלו במים שפירים ובי קולחין שינוניים במים קרים וחמים ונמצאו קשרים טובים בעיקר עבור מים חמים שקושרים היטב בין TOC לחנקן כולל, חנקן אמוניאקלי וחנקן בר-מינרליזציה</p> <p>ב. בשנה השנייה והשלישית הורחבו ניסויי מינרליזציה ל-34 דוגמאות קרקע חדשות ממגוון אתרים בארץ ונמצא חיזוי טוב מאד לקשור ביניהם ובין פרמטרים שנמדדו במים חמים כמו TOC או חנקן כללי NT וגם קשר למיצוי פחמן כללי בבי-כרומאט.</p> <p>ב. בשנה השנייה בוצעו ניסויי ניטריפקציה פוטנציאלית של חלק גדול מהקרקעות ובדקו קשרים עם פרמטרים של TOC ו NT (חנקן אורגני כולל) – כאן נמצאו קשרים חלשים מה שמעיד שהתהליך הזה הרבה יותר רגיש לשינויים סביבתיים ולסוגי הקרקע ולכן לא יהיה פשוט לחזותו ע"י פרמטרים שמחלצים במיצויים..</p> <p>ג. השנה השלישית הורחבו הקורלציות בין התהליכים מינרליזציה וניטריפקציה ובין מאפייני ספקטרומי ערעור-פליטה שנמדדו על 30 מתוך 34 הקרקעות שנדמו. כמו כן נבחנו הספקטרומים של הקרקעות על פי מרכיבים ונמצאו הבדלים מהותיים בין קרקעות במשטרי גידול רגילים ובין קרקעות בזבול אורגני.</p>
<p>3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו.</p> <p>הרחבנו את מעגל הקרקעות הנבחנו וחזקנו עוד יותר הטענה שאכן יש קורלציות טובות מאד בין מקדמים כמו TOC ו NT או TON שקל לחלצם במיצוי מים חמים ובין קצבי מינרליזציה או פרמטרים אחרים שמייצגים זמינות חנקן בקרקע (חנקן כולל, חנקן בר-מינרליזציה).</p> <p>הראנו ספקטרוסקופיית ערעור-פליטה – EEM היא כלי חזק לאפיון הרכיבים האורגניים בקרקעות – ולה שלושה מרכיבים עיקריים – מרכיב 1 – מייצג נאמה חומר הומי, מרכיב 2 – מייצג חומר פולבי, מרכיב 3- מייצג חומר חלבוני.</p> <p>הראנו שניתן לקבל קורלציות טובות מאד בין מרכיבי EEM לבין פרמטרים כמו TOC(בעיקר מרכיבים 1 ו 2), וגם מרכיבי החנקן - TON או ה TN שעבורם נמצאו גם קורלציות למרכיב 3 – החלבוני. ממצא שאינו מפתיע אבל חשוב.</p> <p>למדנו שחשוב להפריד המאמץ לקבלת קורלציות, של קרקעות שטופלו במטר דישון והשקיה רגיל (ללא זבול) ובין קרקעות שנמצאות תחת משטר זבול ודישון או תחת ממשק חקלאות אורגנית,</p>
<p>4. הבעיות שנתרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן.</p> <p>נדרשת הרחבה לגבי מימוש פוטנציאל שיטת EEM לחזוי יעיל יותר (שיטות מידול משופרות) וכן הרחבתה למגוון גדול יותר של קרקעות ומצבים ובמיוחד לאור העובדה שראינו שיש הבדל מהותי במרכיבי הספקטרומים של קרקעות שטופלו בחומר אורגני לקרקעות בממשקי דישון והשקיה רגילים. השמוש ב EEM מציע יתרון על פני הפרמטרים האחרים כמו TOC ו TON(שיחסית קלים למדידה) מפני שהוא מספק תובנות נוספות על החנקן והחומר האורגני בקרקע.</p> <p>חשוב שהשלב הבא ייעשה גם במאמץ של לשוב בדיקות כאלו באופן ישיר בניסויי שדה, במהלך עונת גידול וגם התקופות שונות של השנה, לבחון התאמה של הגישה למצבים שונים, לקראת חשיבה להעברתה ככלי לשימוש במערכות בשדה.</p>
<p>5. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח – יש לפרט.</p>
<p>אנחנו בשלב של כתיבת מאמר לפרסום בעיתון מקצועי בינלאומי.</p>
<p>חלק ממצאי העבודה הוצג בסמינרים שניתנו בכנסים בארץ וגם בחו"ל,</p>
<p style="text-align: right;">סטטוס פרסום הדו"ח: ללא הגבלה</p>



- 9-08-2012